

RO法による海水淡水化装置を用いたボイラ給水処理装置

Boiler Feed Water Treatment Plant with RO Type Desalination Plant

(環)超純水グループ

古賀 滋 人
Shigeto Koga
光上 義 道
Yoshimichi Mitsukami
牛越 健 一
Kenichi Ushikoshi

A boiler feed water treatment plant was installed in Chile, consisting of a demineralization plant applied for brackish water and a desalination plant for sea water supply. The demineralization plant consists mainly of a silica reducing equipment, medium pressure RO and ion exchange systems.

The desalination plant with a hollow fiber type cellulose acetate high pressure RO is applied for sea water as a substitution of the unstable brackish water supply.

The permeate of the desalination plant is treated by the following medium pressure RO and ion exchange systems of the demineralization plant.

The operating results for 21 months are quite steady and excellent. The salt rejection rate of the high pressure RO has been maintained by 99.8 % and the final treated water for boiler feed shows by 1.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ or less in conductivity and 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ or less in residual silica content.

まえがき

南アメリカ大陸の自然を思うとき、アマゾン川の大ジャングル、南方パタゴニアや雪をいただくアンデスの山々を思い浮べる人は多い。

しかしアンデス山脈の西側チリの北部に大きな砂漠が横たわっていることはあまり知られていない。このチリ北部の砂漠は地下資源として銅や硝石を大量に埋蔵しチリの重要な国富となってきた。

この北部の砂漠の中にあるチュキカマタ市には、国営銅公社コデルコの露天掘の銅山があり、この銅山は露天掘としては世界最大の規模を持っている。当社はかつて同公社向の酸素プラント用に塩濃度の高い河川水をRO法により脱塩し、冷却水に供する処理装置を納入している。

今回はこのチュキカマタ銅山の精錬所に電力を送る海岸のトコピジャ市にある発電所に、RO法による海水淡水化装置とかん水脱塩装置を用いたボイラ給水処理装置を納入したので報告する。

1. ボイラ給水処理装置の経緯

本装置は三菱重工業(株)が受注したコデルコ社トコピジャ発電所の第12、13号発電プラント(78 MW×2基)のボイラ給水用として当社が納入したものである。

当初第12号発電プラント建設時には、内陸のチュキカマタより市水として送られて来るアンデス山脈の雪解け水(かん水)を原水とするボイラ給水プラント(Demineralization plant)を納入した。

この第12号発電プラント用ボイラ給水処理装置は次の第13号発電プラント用にも、併せ使用できる容量を持ち両プラントの共用として設計されてきた。

しかし実際運転に入ってみると、チ

第2表 水量バランス

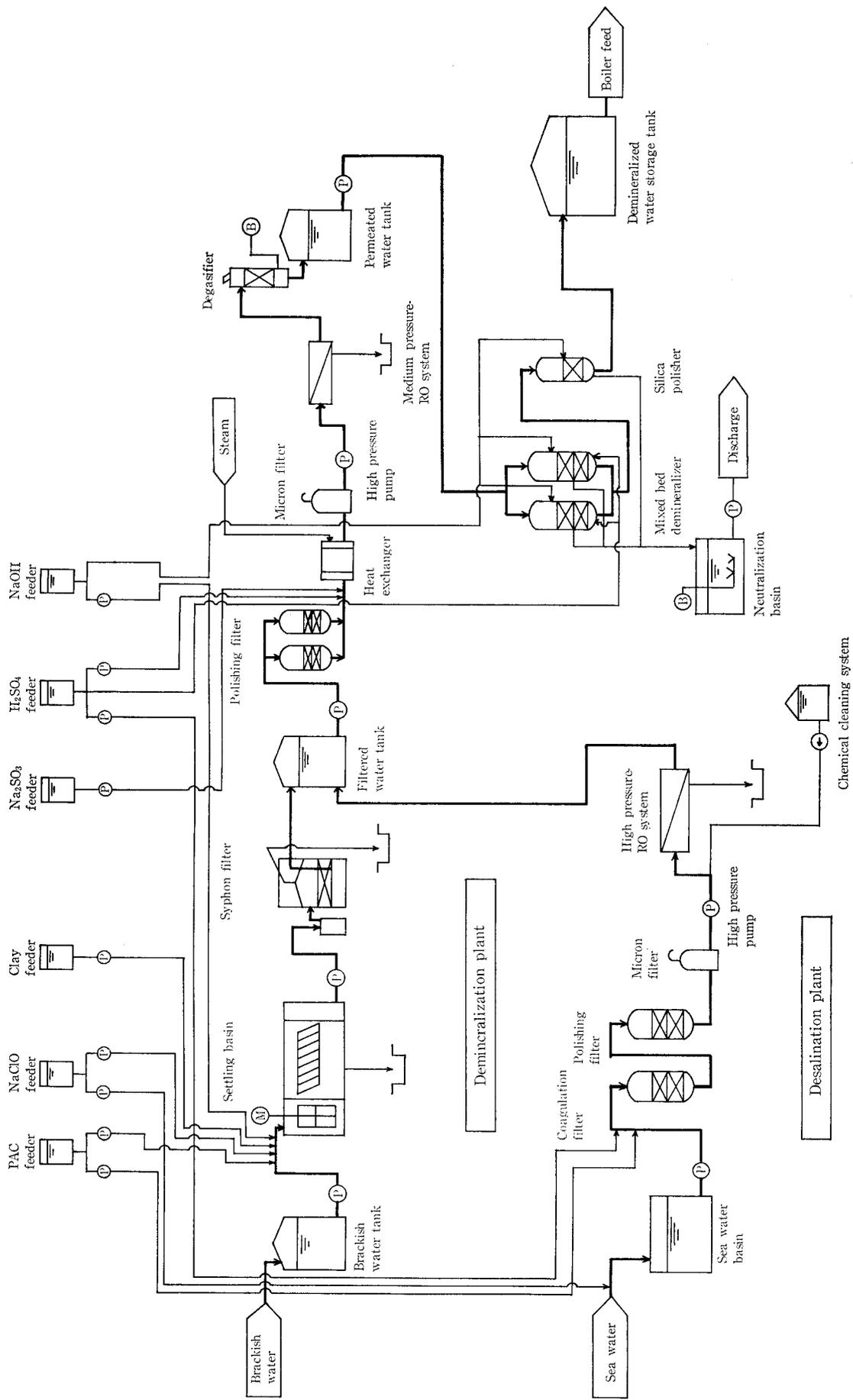
Table 2 Water balance (Unit: m^3/d)

| Point | Sea water application | Brackish water application |
|---|-----------------------|----------------------------|
| Inlet of desalination plant | 1520 | — |
| Outlet of high pressure RO system | 388 | — |
| Brine outlet of high pressure RO system | 720 | — |
| Inlet of demineralization plant | — | 610 |
| Outlet of medium pressure RO system | 330 | 330 |
| Brine outlet of medium pressure RO system | 57.6 | 178 |
| Treated boiler feed water | 300 | 300 |

第1表 設計水質一覧表

Table 1 Design water conditions

| Item | Unit | Raw water | | Treated water (Boiler feed water) |
|----------------|-------------------------|--------------------------------|---|-----------------------------------|
| | | Desalination plant (Sea water) | Demineralization plant (Brackish water) | |
| pH | 25 °C | 7.52 | 7.8 ~ 8.25 | 6~7 |
| Temperature | °C | 20~30 | 20 | ≤30 |
| TDS | mg/l | 36 890~40 000 | 744.0 ~ 916.0 | |
| M-alkalinity | mg/l CaCO_3 | 143 | 100 ~ 160.00 | |
| Total hardness | mg/l CaCO_3 | 6 490 | 166.80~281.90 | ND |
| Ca-hardness | mg/l CaCO_3 | 1 052.2 | 16.60~199.80 | |
| Mg-hardness | mg/l CaCO_3 | 5 424.3 | 79.13~128.74 | |
| Chloride | mg/l Cl^- | 19 460~21 425 | 99.00~151.13 | ND |
| Sulfate | mg/l SO_4^{--} | 2 720~2 970 | 45.30~242.40 | |
| Silica | mg/l SiO_2 | 2.4 | 31.90~ 86.80 | ≤0.01 |
| Conductivity | $\mu\text{S}/\text{cm}$ | — | 520 ~ 1 375 | ≤1.0 |
| Turbidity | mg/l | — | 0.75~ 2.20 | |
| Iron | mg/l Fe | ND | 0.13~ 0.30 | ≤0.01 |



第1図 ボイラ給水処理装置フローシート
 Fig. 1 Flow diagram of desalination and demineralization plant

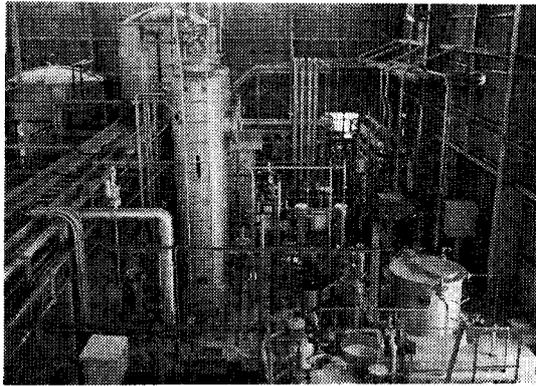


写真1 かん水脱塩装置を用いたボイラ給水処理装置
Photo.1 Demineralization plant

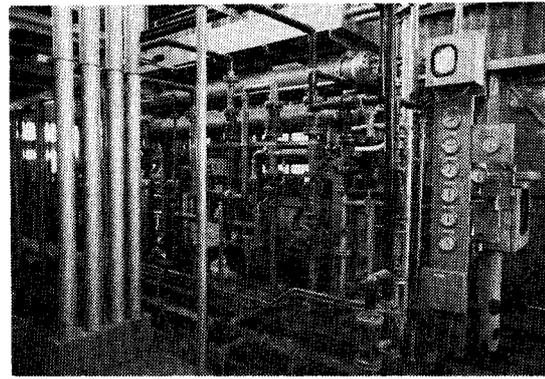


写真2 中圧RO装置
Photo.2 Medium pressure RO system

ユキカマタより供給される原水量が不安定で、特に夏場にはしばしば供給原水量が不足してしまうことが判明した。

このため第13号発電プラント建設時原水量が不足した場合にも問題を生じないようにRO法による海水淡水化装置(Desalination plant)を追加納入することになった。

しかし現地においては海水淡水化装置の方が、かん水脱塩装置に比べてランニングコストが安くなるため現在では海水淡水化装置が常時連続使用されている。

第1図に Demineralization plant と Desalination plant の全体フローを示す。

2. かん水脱塩装置を用いたボイラ 給水処理装置 (Demineralization plant)

2.1 設備

市水は飲料用水として使用されているが、塩類濃度が高く、かつシリカ濃度が高いかん水であり、ボイラ給水用原水としては決して良い水質とはいえない。設計原水々質と処理水々質は第1表に示す通りである。

第2表に装置容量を示す。この設備は610 m³/dの市水を受水し、ボイラ給水として300 m³/dを供給することができる。

原水はまずアルミニウム塩による共沈法により脱珪除濁処理がなされる。これは後続の中圧RO装置においてシリカの析出をおこさないためである。シリカはこの脱珪装置によりRO装置入口にて常に40 mg/l以下に保たれている。原市水は濁質が少ないため、必要な場合重質剤としてクレイを注入する設備が設けられている。また殺菌剤としては次亜塩素酸ソーダを用いる。

脱珪処理された市水は、自動サイフォン・フィルターにより汙過され、汙過水槽に入れられる。

汙過水槽よりポンプアップされた水は、ポリシング汙過器を通り熱交換器で25°Cに加温された後、カートリッジフィルタを経て加圧ポンプにより加圧されて中圧RO装置に送られる。RO装置透過水は余圧により脱ガス塔に送られ炭酸ガスが除かれる。

中圧RO装置に入る手前に硫酸が注入され、中圧RO膜の加水分解とスケリングを防止している。また亜硫酸ソーダを注入してRO膜の酸化劣化に対し配慮をしている。亜硫酸ソーダは1日1回30分程度停止して、原水に含まれる残留塩素により自動的に殺菌が行えるようになっている。

第3表 主要機器材質表

Table 3 Materials of main equipments

| Name of plant | Equipment | Material |
|------------------------|---|--|
| Desalination plant | Coagulation/Polishing filter | CS/Rubber lining |
| | Micron filter | FRP |
| | Pressure pumps (Including sea water pump, high pressure pump and backwash pump) | SCS11/SUS329J1 |
| | Piping | PVC (Low press.) SUS 316L (High press.) |
| | Valves | PVC (Low press.) SUS 316L (High press.) |
| Demineralization plant | Settling basin/Syphon filter | CS/Tarepoxy coating |
| | Polishing filter and mixed bed demineralizer | CS/Rubber lining |
| | Process pumps | FC 20/SUS 304 SCS 13/SUS 304 |
| | Piping | PVC (Low press.) SUS 304 (High press.) |
| | Valves | PVC (Low press.) SUS 304 (High press.) |

中圧RO膜は酢酸セルロース・スパイラル型(S C 3 200)を採用しており、回収率はシリカ析出を防止するために65%に設定されている。

脱ガスされたRO装置透過水は混床塔に送られ脱イオンされる。今回のプラントは出口シリカ濃度の保証が10 µg/lと低いいため混床塔出口にシリカポリシャを設置した。混床塔出口にてシリカは既に10 µg/l以下であるが、シリカポリシャ設置により運転の安定性を高くしている。

Demineralization plant を写真1に示す。本装置は海岸近くで潮風が強いためすべて建屋内に設置されている。写真2は中圧RO装置である。

主要部の材質を第3表に示す。RO装置廻り以降は鉄分等の溶出がないようにPVC、SUSなどの耐食性材料が用いられている。

2.2 運転データ

脱珪処理に当っては硫酸ばん土、塩化第2鉄及びポリ塩化アルミニウム等が検討され、硫酸ばん土は一時本装置で使用された。しかしポリ塩化アルミニウムは薬品の純度が高く、pH 7~8と比較的低pHでも脱珪性能が良く、かつ処理水の残留アルミニウムのレベルも低いことから凝集剤としては日本から輸入したポリ塩化アルミニウム (PAC-250 AD) を常用することとした。PAC-250 ADの注入率 250 mg/l、凝集後の pH 7~7.5程度にて脱珪後のシリカ濃度は 40 mg/l 以下を保持できている。

殺菌剤として当初次亜塩素酸ソーダを注入していたが、後に市水に残留塩素が測定されるようになったために、注入を停止した。重質剤としてのクレイは必要時のみ注入することとした。各点における薬品の注入率を第4表に示す。

第5表に各処理ポイントにおける水質分析値を示す。シリカは沈殿槽出口にて 34.2 mg/l と十分に低いレベルまで処理されている。また RO 装置入口におけるアルミニウムの残存量も非常に低い。RO 装置は回収率 65 % であり、RO 装置濃縮水中のシリカ濃度も 84.6 mg/l と溶解度より少く、シリカスケーリングの問題は皆無であった。

また大量のアルミニウム塩の注入にもかかわ

らず、RO 装置入口 SDI (15 min) は 2~3、PN 値として 50 以上と大変良い値を示している。

中圧 RO 膜は当初酸化劣化と思われる劣化を生じた。しかし亜硫酸ソーダ注入等による諸処置により十分に安定し

第4表 ポイラ給水処理装置の薬注条件

Table 4 Chemical injection rate of desalination and demineralization plant

| Name of chemical | Injection point | Injection rate (mg/l AS 100 % Chem.) | |
|---|-----------------------------|---|----------------------------|
| | | Sea water application | Brackish water application |
| Polyaluminum chloride PAC-250 AD | Inlet of coagulation filter | 1.8~3.3 | — |
| | Inlet of settling basin | — | 247 |
| Sodium hypochlorite NaClO | Inlet of coagulation filter | 2.4 | — |
| | Inlet of settling basin | — | — |
| Sulfuric acid H ₂ SO ₄ | Inlet of coagulation filter | 25.8 | — |
| | Inlet of medium press. RO | — | 76.6 |
| Caustic soda NaOH | Inlet of settling basin | — | 65 |
| Clay | Inlet of settling basin | — | (100) |
| Sodium sulfite Na ₂ SO ₃ | Inlet of medium press. RO | 16.7 | 8.1 |

第5表 かん水脱塩装置を用いたポイラ給水処理装置の水質分析

Table 5 Performance of demineralization plant

| Item | Unit | Raw brackish water | Settling basin inlet | Syphon filter inlet | Medium press. RO inlet | Medium press. RO permeate | Medium press. RO brine | Mixed bed demineralizer inlet | Mixed bed demineralizer outlet | Silica polisher outlet |
|------------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| Turbidity | mg/l | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Color | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| pH | (25 °C) | 7.4 | 7.4 | 7.3 | 5.8 | 5.2 | 6.3 | 5.9 | 6.9 | 6.7 |
| Conductivity | µS/cm 25 °C | 850 | 1 000 | 950 | 950 | 45 | 2 200 | 40 | 0.08 | 0.08 |
| M-alkalinity | mg/l CaCO ₃ | 95.6 | 98.4 | 84.4 | 30.9 | 8.4 | 68.6 | 7.2 | — | — |
| P-alkalinity | mg/l CaCO ₃ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — |
| Total hardness | mg/l CaCO ₃ | 330 | 250 | 280 | 260 | 0.3 | 750 | 0.3 | 0 | 0 |
| Ca-hardness | mg/l CaCO ₃ | 116 | 116 | 115 | 116 | 0 | 420 | 0 | 0 | 0 |
| Mg-hardness | mg/l CaCO ₃ | 214 | 134 | 264 | 144 | 0.3 | 330 | 0.3 | 0 | 0 |
| Total dissolved solids | mg/l | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| COD _{Mn} | mg/l O | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Carbon dioxide | mg/l CO ₂ | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Chloride | mg/l Cl ⁻ | 135 | 175 | 175 | 170 | 9.0 | 99 | 8.0 | 0 | 0 |
| Sulfate | mg/l SO ₄ ²⁻ | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Nitrate | mg/l NO ₃ ⁻ | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Phosphate | mg/l PO ₄ ³⁻ | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Ionic silica | mg/l SiO ₂ | 61.4 | 34.2 | 34.5 | 33.3 | 2.91 | 84.6 | 2.65 | <0.01 | <0.01 |
| Ammonium | mg/l NH ₄ ⁺ | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Manganese | mg/l Mn | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Iron | mg/l Fe | 0.05 | 0.015 | — | 0.025 | <0.01 | — | — | — | — |
| Bromide | mg/l Br ⁻ | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Aluminum | mg/l Al | — | 0.153 | 0.048 | 0.03 | — | — | — | — | — |

Raw water source : Brackish water

Date : May, 1985

た性能を確保することができている。

シリカポリシャ出口の処理水々質は電気伝導度 $0.08 \mu\text{S}/\text{cm}$ 、シリカ $10 \mu\text{g}/\text{l}$ 以下ときわめて良好な水質である。

3. 海水淡水化装置を用いたボイラ給水処理装置 (Desalination plant)

3.1 設備

チリ沖には南極より北上するフンボルト海流が流れており、一般に水温は低い。この地点よりさらに北に昇ったペルー沖は、湧昇による富栄養な海域として世界有数の漁場の一つで現地でアンチョアと呼ばれるカタクチイワシなどが大量にとれる。

海水淡水化装置に供給される海水は、サイフォン方式により海面下数 m より取水され、原水槽に導かれる。殺菌剤として次亜塩素酸ソーダが注入されたのち、原水槽の海水は海水ポンプにてポンプアップされ、この海水に凝集剤としてポリ塩化アルミニウム、pH 調整剤として硫酸が使用され pH 6.6~6.8 に調整され、複層の凝集ろ過器にてろ過される。

ろ過システムとしては凝集ろ過器の次にポリシングろ過器が設置されており、常時はシリーズ運転がなされ凝集ろ過器またはポリシングろ過器が洗浄に入った時には他の一方のろ過器のみで処理される。

ろ過された海水はカートリッジフィルタを経て加圧ポンプに送られ、加圧ポンプにて $55\sim 60 \text{ kg}/\text{cm}^2$ に加圧されて RO 装置に送られる。

RO 装置は酢酸セルロース 中空糸型の RO 膜が用いられ、Hollosep HM 8155の RO モジュールが HM 8255の

容器に各々 2 本ずつ入っている。装置には、HM 8255 の容器が 20 本取り付けられているが、当初より 17 本の通水のみで十分な性能を得ている。この高圧 RO 装置の回収率は 35 % に設定されている。

海水淡水化装置の原海水は港の近くより取水されているために、事故により石油などの流出がある場合を配慮し、装置入口に油分濃度計を取り付け、油分を含む海水が流入した場合にも RO 膜及び装置を汚染することがないように配慮している。また RO 膜入口に残留塩素計を取り付け、残留塩素濃度を常時測定監視している。

高圧 RO 装置により処理された透過水は既設 Demineralization plant のろ過水槽に供給され、以後既設機器により処理される。ろ過水槽に入った透過水はポンプにて熱交換器、ミクロンフィルタ、加圧ポンプを経て中圧 RO 装置に送られる。かん水脱塩のとき使用されたポリシングろ過器はこの場合バイパスされる。高圧 RO 装置透過水は pH が低いいため重亜硫酸ソーダを注入し pH を 5.5 前後に調整する。この重亜硫酸ソーダ注入は pH 調整のみならず残留塩素を中和して中圧 RO 膜の酸化劣化を防止できる。1 日 1 回注入を短時間とめて中圧 RO 膜の殺菌を行うことは、かん水脱塩の場合と同様である。

中圧 RO 装置は既設のアセテート・スパイラル型のものをそのまま使用する。ただし入口水はかん水から海水を淡水化したものに変るため、RO モジュールの配列を変えて回収率を 85.1 % に上げている。この中圧装置の濃縮水は海水よりはるかに塩濃度が低いいため原水槽に返送することも有効であるが、現在は高圧 RO 装置透過水々質が非常に良いため返送せずそのまま放流している。

中圧 RO 装置処理水は脱ガス塔を経て混床塔、シリカポリシャにて処理された後ボイラ給水として純水槽に送水される。

海水を原水として用いた場合の設計海水々質、処理水々質を第 1 表に示す。また高圧 RO 装置出口容量は $388 \text{ m}^3/\text{d}$ 、処理水容量はかん水の場合と同様に $300 \text{ m}^3/\text{d}$ である。装置各点における設計水量は第 2 表に示されている。

海水淡水化装置の材質には特に配慮を払った。主要機器の材質を第 3 表に示す。RO 装置廻りの主要配管及びプロセスポンプは、停止時に海水による腐食を受けないように、停止時には直前に処理した淡水により、装置内に滞留する海水が、置換されるように設計されている。

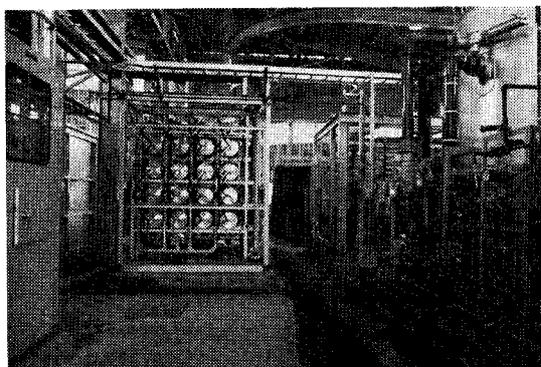


写真 3 海水淡水化装置
Photo. 3 Desalination plant

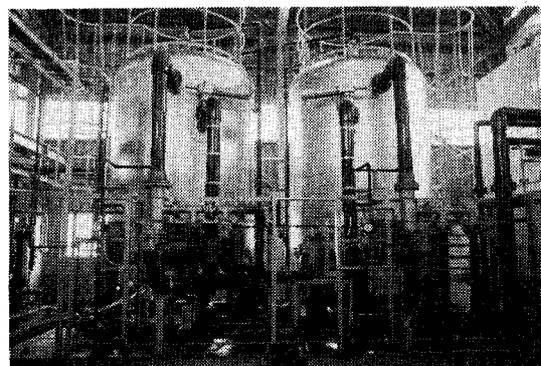


写真 4 前処理ろ過装置
Photo. 4 Coagulation and polishing filters

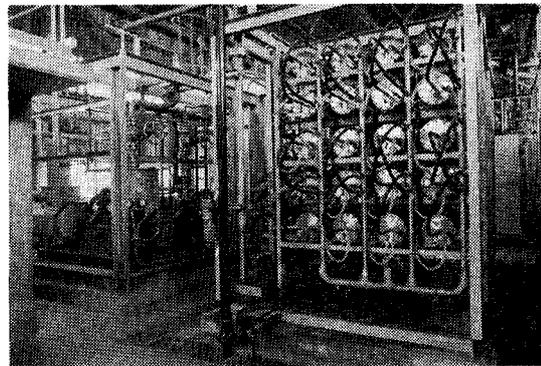
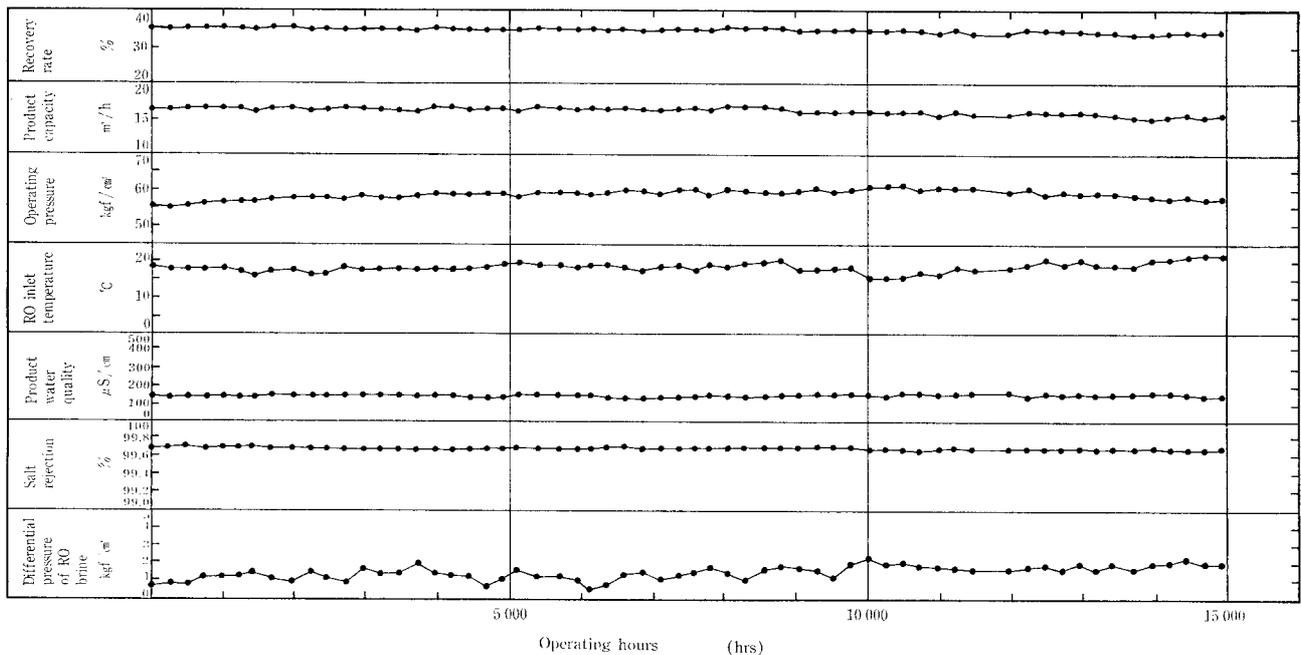


写真 5 高圧 RO 装置と加圧ポンプ
Photo. 5 High pressure pump and high pressure RO system



Date: Jun. '84~Feb. '87
 Rated capacity: 16.2 m³/h
 Rated recovery rate: 35 %
 Sea water conductivity: 52 000 µS/cm

Type of RO module: Hollosep HM 8255
 NO. of RO module: 34 Pcs. of HM 8155
 Mode of operation: Continuous operation
 Salt rejection: $(1 - \frac{C_p}{C_f}) \times 100$ (%)

第3図 海水淡水化装置運転データ

Fig. 3 Operating data of sea water desalination plant

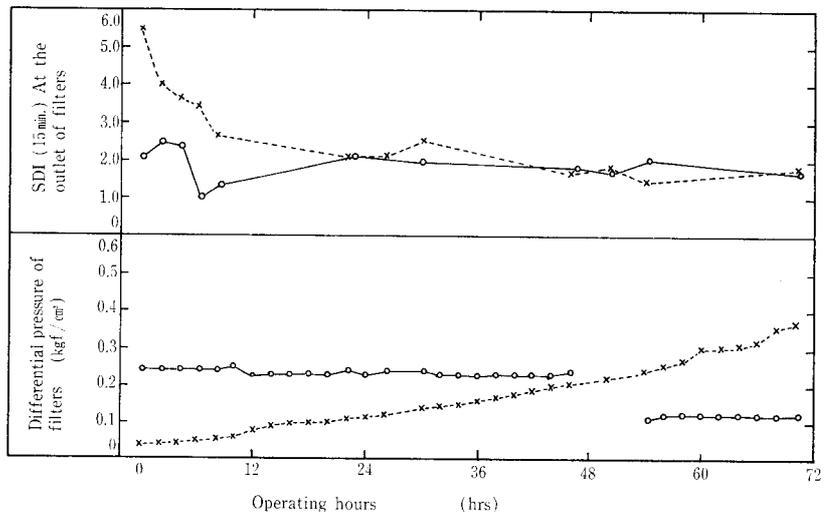
Desalination plant の写真を写真3に示す。写真4は Coagulation filter と Polishing filter である。High pressure pumps と RO modules を写真5に示す。

3.2 運転データ

海水淡水化装置の前処理用凝集剤としてはポリ塩化アルミニウムを使用している。凝集ろ過器及びポリシングろ過器の運転データを第2図に示す。PAC-250 AD 1.82 mg/l と低い注入率にもかかわらず、ポリシングろ過器出口のSDIは1.0~2.5と極めて良好な値が得られた。ろ過器は洗浄後SDIとして3.0以下になるまでに数時間を要する。凝集ろ過器とポリシングろ過器をシリーズに運転するのはこのような洗浄後のろ過器の水質悪化をカバーする意味で有効である。

凝集ろ過器の差圧上昇は0.5 kg/cm²に達するのにPAC注入率1.8~3.3 mg/lとして、1~4日であった。通常運転においては凝集ろ過器は1日1回、ポリシングろ過器はほとんど圧損の上昇がないため1週間に1回逆流洗浄を行っている。

第4表に海水淡水化装置を使用した場合の薬品注入率を示す。このように薬品注入率は、脱珪処理を行っているかん水脱塩の場合に比べて非常に少なく、高価な市水、高価な輸入薬品を大量に使用するかん水脱塩方式に比べて海水



Flow rate: 50~51 m³/h (LV=13.2~13.4 m/h)
 SDI (5min) of sea water: 11.6~15.4 (PN=0.24~0.78)
 Symbols: Coagulation filter ...x... Polishing filter -o-
 Chemical injection rate:
 PAC 1.82 mg/l as 100 % PAC 250 AD
 NaClO 2.42 mg/l as 100 % NaClO
 H₂SO₄ 25.8 mg/l as 100 % H₂SO₄ (Arranged to pH 6.6)

第2図 海水淡水化前処理装置運転データ

Fig. 2 Operating data of pretreatment system of desalination plant

淡水化装置を使用する方がランニングコストが安くなるために、海水淡水化装置の方を常時使用している。

第3図に高圧RO装置の運転データを示す。RO装置の脱塩性能はきわめて優れており原海水が電気伝導度52 000 µS/cm(TDS 35 800 mg/l)に対し透過水質は150 µS/cm

第 6 表 海水淡水化装置を用いたボイラ給水処理装置の水質分析

Table 6 Performance of desalination and demineralization plant

| Items | Unit | Raw sea water | High press. RO inlet | High press. RO permeate | High press. RO Brine | Medium press. RO inlet | Medium press. RO permeate | Medium press. RO brine | Mixed bed demineralizer inlet | Mixed bed demineralizer outlet | Silica polisher outlet |
|------------------------|------------------------------------|---------------|----------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| Turbidity | mg/l | 1.3 | ≤0.2 | ≤0.2 | ≤0.2 | — | — | — | — | — | — |
| Color | | ≤2 | ≤2 | ≤2 | ≤2 | — | — | — | — | — | — |
| pH | 25 °C | 7.8 | 6.8 | 5.0 | 7.1 | 5.5 | 5.6 | 5.4 | 6.6 | 6.10 | 6.15 |
| Conductivity | μS/cm 25 °C | 52 000 | 52 000 | 138 | 71 700 | 165 | 12.2 | 1 110 | 11.0 | 0.07 | 0.07 |
| M-alkalinity | mg/l CaCO ₃ | 118 | 93.9 | ≤2.0 | 140 | ≤2.0 | 4.0 | ≤2.0 | 5.0 | — | — |
| P-alkalinity | mg/l CaCO ₃ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — |
| Total hardness | mg/l CaCO ₃ | 8 400 | 8 310 | 8.3 | 12 000 | 9.1 | ≤0.3 | 51.8 | ≤0.3 | 0 | 0 |
| Ca-hardness | mg/l CaCO ₃ | 1 390 | 1 340 | 1.3 | 2 020 | 1.3 | ≤0.3 | 9.6 | ≤0.3 | 0 | 0 |
| Ma-hardness | mg/l CaCO ₃ | 7 010 | 6 970 | 7.0 | 9 960 | 7.8 | ≤0.3 | 42.2 | ≤0.3 | 0 | 0 |
| Total dissolved solids | mg/l | 35 800 | 35 850 | 83.0 | 60 800 | 97.0 | — | 530 | — | — | — |
| COD _{Mn} | mg/l O | ≤0.5 | 0.51 | ≤0.5 | 0.85 | — | — | — | — | — | — |
| Carbon dioxide | mg/l CO ₂ | 3.5 | 30.2 | — | 21.9 | — | — | — | — | — | — |
| Chloride | mg/l Cl ⁻ | 19 800 | 19 800 | 38.0 | 29 200 | 38.5 | 0.91 | 235 | 0.89 | 0 | 0 |
| Sulfate | mg/l SO ₄ ²⁻ | 2 640 | 2 660 | 2.0 | 3 960 | 12.8 | 0.52 | 85.0 | 0.55 | — | — |
| Nitrate | mg/l NO ₃ ⁻ | 1.8 | 2.4 | ≤0.1 | 12.0 | ≤0.1 | ≤0.1 | 0.30 | ≤0.1 | — | — |
| Phosphate | mg/l PO ₄ ³⁻ | ≤0.1 | ≤0.1 | ≤0.1 | ≤0.1 | ≤0.1 | ≤0.1 | ≤0.1 | ≤0.1 | — | — |
| Ionic silica | mg/l SiO ₂ | 1.1 | 0.98 | ≤0.01 | 1.6 | 0.02 | 0.01 | 0.05 | 0.03 | <0.01 | <0.01 |
| Ammonium | mg/l NH ₄ ⁺ | ≤0.1 | ≤0.1 | ≤0.1 | ≤0.1 | — | — | — | — | — | — |
| Manganese | mg/l Mn | 0.03 | ≤0.02 | ≤0.02 | ≤0.02 | — | — | — | — | — | — |
| Iron | mg/l Fe | 0.13 | ≤0.02 | ≤0.02 | ≤0.02 | — | — | ≤0.02 | ≤0.02 | — | — |
| Bromide | mg/l Br ⁻ | 62.0 | 62.0 | 0.72 | 96.0 | — | — | — | — | — | — |
| Aluminum | mg/l Al | 0.16 | 0.10 | 0.08 | 0.19 | — | — | — | — | — | — |

Raw water source : Sea water

Date : July, 1985

(TDS 83 mg/l)である。これは脱塩率として電気伝導度ベースで99.7%, TDSベースで99.8%である。しかもこの透過水質は運転開始以来15000時間余にわたり変化することなく良好な状態が維持されている。運転スタート以来RO膜の洗浄は一度も行われていない。しかも処理水質に変化なく、濃縮側の差圧もほとんど上昇していない。

運転開始以来、回収率は35%に保たれている。処理水量は定格の388 m³/d(16.2 m³/h)が得られている。運転圧力も問題なくRO膜の圧密化係数も正常範囲内にある。

海水淡水化装置を使用した場合のボイラ給水処理装置の各点における水質分析値を第6表に示す。シリカポリシヤ出口の処理水々質は電気伝導度0.07 μS/cm, シリカ10 μg/l以下と、かん水を原水とした場合と同様、非常に良好な結果を得ている。

む す び

RO法による海水淡水化装置を用いたボイラ給水プラントは運転開始以来、1年9カ月余を経過し順調な運転が続けられている。中圧RO膜は当初酸化劣化と思われる劣化を生じたが、その対処策も効を奏し現在は順調に稼動している。

本装置の運転、検収に至るまで、三菱重工業(株)、三菱商事(株)及びコデルコ社のご担当の方々にご多大なご指導、ご支援を賜った。誌上をかりて深甚の謝意を表する次第である。

〔参考文献〕

- 1) 造水技術 造水促進センター 国定勇一他 (1983.5)
- 2) チリ国チユキカマタ銅山向け逆浸透装置を用いた冷却用水処理装置 神鋼ファウドラ・ニュース Vol. 23 No. 3・4 (1979.9)